



# Green wheel

– om målkonflikten rörande tunga batteridrivna vägtransporter och mikrobiella faror samt hållbarhet av bladgrönsaker

---

*Green wheel: dilemma regarding heavy electrified road transport of leafy vegetables and impacts on microbial hazards and shelf-life*

Beatrix Alsanius, Andreas Nicolaidis Lindqvist, Ivar Vågsholm

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Landskap Trädgård Växtproduktionsvetenskap  
Rapportserie Rapport 2022:6  
ISBN 978-91-8046-901-2  
Alnarp 2022



# Green wheel – om dilemman rörande tunga batteridrivna vägtransporter och mikrobiella faror samt hållbarhet av bladgrönsaker

*Green wheel: dilemma regarding heavy electrified road transport of leafy vegetables and impacts on microbial hazards and shelf-life*

Beatrix Alsanius	SLU, Inst. f. biosystem och teknologi
Andreas Nicolaidis Lindqvist	SLU, Inst. f. biosystem och teknologi
Ivar Vågsholm	SLU, Inst. BVF

<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
<b>Utgivningsår:</b>	2022
<b>Utgivningsort:</b>	Alnarp
<b>Serietitel:</b>	Landskapsarkitektur Trädgård Växtodlingsvetenskap Rapportserie
<b>Delnummer i serien:</b>	2022:6
<b>ISBN:</b>	978-91-8046-901-2
<b>Nyckelord:</b>	el-lastbil, hållbarhet, kyltransport, <i>Listeria monocytogenes</i> , livsmedels säkerhet, produktkvalitet

## Sammanfattning

Låg självförsörjningsgrad, centralisering av marknaden, samt mycket varierande klimatförhållanden i Sverige som hindrar lokalproduktion av vegetabilier, detta är tre viktiga anledningar varför det svenska livsmedelssystemet är beroende av transporter. För att nå målet för ett "hållbart livsmedelssystem måste transporter övergå till andra än fossila energikällor. Transporter av varor som är beroende av en kylkedja kräver inte bara energi för själva transporten, utan också för att hålla temperaturen på en nivå som inte äventyrar livsmedelssäkerhet och produktens hållbarhet. Maximitemperatur under transport av temperaturkänsliga matvaror har varit ett återkommande ämne i många branscher. I föreliggande rapport ställde vi oss frågan vilken betydelse temperaturskillnaden mellan 4 och 8 °C under transport av bladgrönsaker har för tre mycket generaliserade körscenarion (200, 400 och 900 km) ur ett kvalitets- och livsmedelssäkerhetsperspektiv, med den psykofila patogenen *Listeria monocytogenes* som modell. Studien utgår ifrån två laddningskapaciteter för batterier (150 resp. 350 kW). Vi visar att laddningsinfrastrukturen är den mest avgörande faktorn som påverkar produkthållbarhet och livsmedelssäkerhet. Risk för nedsatt kvalitet och i synnerhet livsmedelsäkerhet ökar avsevärd med långa körtider vid en temperatur av 8 °C i lastutrymmet.

*Nyckelord:* el-lastbil, hållbarhet kyltransport, *Listeria monocytogenes*, livsmedelsäkerhet, produktkvalitet

## Abstract

The Swedish food system is dependent of transportation due to low self-sufficiency, centralization of the market, and highly variable climatic conditions in Sweden, which hampers local production of crops. In order to realize a "sustainable food system", transportation has to leave fossil energy based platforms. Transporting goods that depend on a cold chain requires energy not only for the transport itself, but also to maintain the temperature at a level that does not compromise food safety and shelf life. Maximum temperature during transport of temperature-sensitive foodstuffs has been a recurring topic in many branches within the food system. In the present report, we addressed the significance of temperature (4 and 8 °C) during the transport of leafy vegetables for three highly generalized scenarios (200, 400 and 900 km) from a quality and food safety perspective, using *Listeria monocytogenes* as a model. The study is based on two battery-charging capacities (150 and 350 kW). We show that the charging infrastructure is the most decisive factor influencing shelf-life and food safety. The risk of reduced quality and in particular food safety increases considerably with long driving times at a temperature of 8 °C in the loading compartment.

*Keywords:* cooling, food safety, heavy battery transport, *Listeria monocytogenes*, shelf-life, sustainability

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>5</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>6</b>
<b>Förkortningar.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Temperatur och batteridrivna fordon i centrum.....</b>	<b>9</b>
2.1. Temperatur efter skörd.....	9
2.2. Elektrifierade vägtransporter .....	14
<b>3. Målkonflikten.....</b>	<b>15</b>
3.1. Scenario för denna rapport.....	15
3.2. Produktens kvalitet och önskvärdhet.....	16
3.3. Livsmedelskvalitet och livsmedelssäkerhet.....	17
3.4. Klok resursanvändning.....	18
<b>4. Syntes .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Metod och arbetssätt .....</b>	<b>23</b>
<b>6. Referenser.....</b>	<b>26</b>

## Tabellförteckning

Tabell 1. Samband mellan lagringstemperatur (°C) och tid tills substantiell kvalitetsnedsättning blir märkbar (i dagar) hos valda bladgrönsaker .....	12
Tabell 2. Tillväxtparametrar (lagfas, dubblingstid) av <i>Listeria monocytogenes</i> på valda bladgrönsaker vid låg (3-5 °C) och förhöjd kyltemperatur (6-12 °C). Temperaturuppgifter i gult markerade fält gäller förhöjd kyltemperatur. ....	17
Tabell 3 Förutsättningar för beräkning av tids- och energiåtgång för batteridrivna tung lastbil (44t) .....	18
Tabell 4 Generaliserad scenario för totalt energibehov och tidsåtgång för kyltransport med batteridrivna tung lastbil (44 t). Beräkningen rör tre distanser (200, 400 och 900 km. Tabellen tar inte hänsyn till topografiska eller klimatiska variationer. Parametrar presenteras i Tabell 3. ....	19
Tabell 5 Totalenergibehov och tidsåtgång för kyltransport med batteridrivna tung lastbil (44 t) i en miljö med tillgång till olika laddningskapacitet (150 resp. 350 kW). Beräkningen rör tre distanser (200, 400 och 900 km) Parametrar och beräkningen presenteras i Tabell 3 resp. Tabell 4.....	20
Tabell 6 Riskvärdering av kvalitetsminskning och förskämning vid transport av endiver vid 4°C(●, ○) resp. 8 °C (▲, △) i miljöer med olika laddningskapacitet (150 kW, fyllda symboler; 350 kW, öppna symboler).....	22
Tabell 7: Sökord och sökordkombinationer samt output vid sökning i litteratordatabasen Web of Science .....	25

## Figurförteckning

Figur 1 Processer och förändring av bladgrönsaker efter skörd (enligt Artés and Allende, 2005 modifierat).....	9
--	---

## Förkortningar

CFU	Colony-forming unit (kolonibildande enheter)
PAL	Fenylalanin-ammoniak-oxidas
POD	Peroxidas
PPO	Polyfenoloxidas

# 1. Inledning

Låg självförsörjningsgrad, centralisering av marknaden, mycket varierande klimatförhållanden i Sverige, som hindrar lokalproduktion av vegetabilier, detta är tre viktiga anledningar varför det svenska livsmedelssystemet är beroende av transporter. Samtidigt är ett "hållbart livsmedelssystem" ett uttalat mål i förvaltning, företag, handel och logistik samt hos konsumenten. För att stödja hållbara livsmedelskedjor från jord till bord håller elektrifierade transportsystem på att introduceras. Transporter av varor som är beroende av en kylkedja kräver inte bara energi för själva transporten, utan också för att hålla temperaturen på en nivå som inte äventyrar livsmedelssäkerhet och produktens hållbarhet<sup>1</sup>.

Kylning kräver fysiska och ekonomiska resurser. Behöver temperaturen under transporten verkligen vara så låg som 4 °C för att hålla bladgrönsaker fräscha? Vad blir konsekvensen om temperaturen skulle ökas något (t. ex. till 8 °C)? Hur påverkas detta av ett byte till batteridrivna kyltransporter?

Dessa frågor befattar vi oss i föreliggande rapport. Vi fokuserar i detta sammanhang på en särskilt känslig, men mycket eftertraktad produkt, nämligen tvättade bladgrönsaker i påse och koncentrerar oss på två faktorer, hållbarhet och livsmedelssäkerhet.

Det finns få företag som förädlar bladgrönsaker i Sverige och distributionen av förpackade och förtvättade bladgrönsaker över hela landet är beroende av transporter. Bladgrönsakernas hållbarhet är kort (ca 15 dagar efter sköljning och packning (*processning*)) och en regelbunden transport från förädlingsföretaget via grossister till detaljhandelns försäljningsställen tar ca. tre dagar. Dilemmat består i princip av tre aspekter, nämligen i) klok resursanvändning, ii) livsmedelskvalitet och livsmedelssäkerhet samt iii) produkternas kvalitet, önskvärdhet och matsvinn.

---

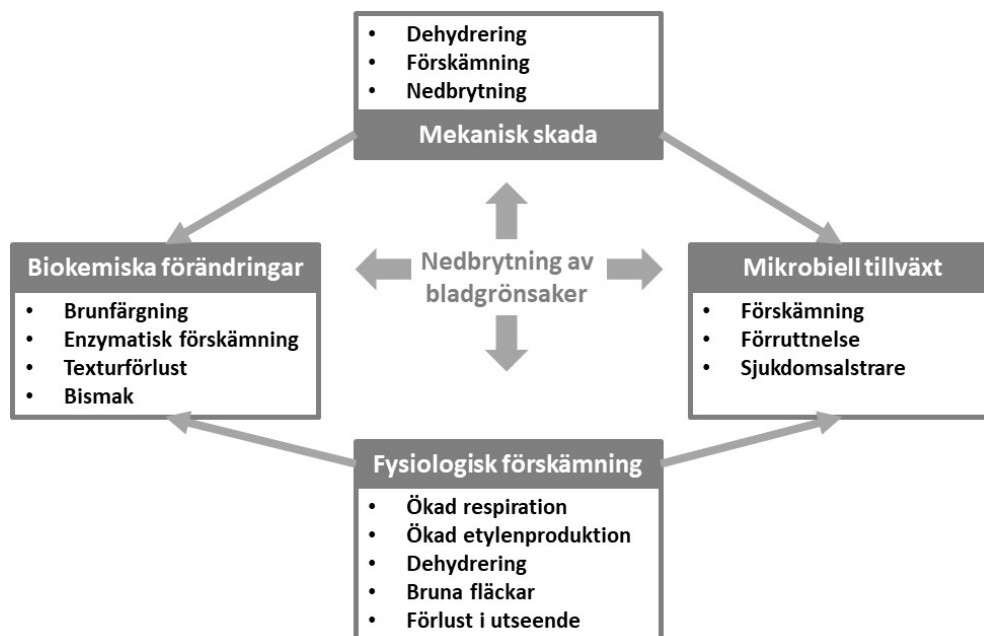
<sup>1</sup> För att undvika språkförbistring kring begreppet "hållbarhet" kommer hållbarhet som relaterar till produkten (*shelf-life*) betecknas som produktens hållbarhet eller produkthållbarhet, medan hållbarhet relaterat till miljömässig, ekonomisk och social hållbarhet (*sustainability*) benämns hållbarhet.



## 2. Temperatur och batteridrivna fordon i centrum

### 2.1. Temperatur efter skörd

Ur ett konceptuellt perspektiv är skördade vegetabilier en organisk matrix som befinner sig i en stadig process av nedbrytning (Mogren et al., 2018). Tillvaron efter skörd är en dramatisk process som tidigare sammanfattats av Artés och Allende (2005) enligt Figur 1. Temperatur är den enskilt viktigaste faktorn för att bromsa denna process både ur ett fysiologiskt och ett mikrobiologiskt perspektiv. Genom låg och jämn temperatur under lagring, förädling och distribution samt exponering i processen kan produktens yttre kvalitet bibehållas under en längre tid och därmed produktens hållbarhet förlängas (Chen et al., 2020, Ferrante and Maggiore, 2007).



Figur 1 Processer och förändring av bladgrönsaker efter skörd (enligt Artés and Allende, 2005 modifierat).

Olika frukter och grönsaker skiljer sig i behov och tolerans av kylning efter skörd för att bibehålla god vigör. Generellt gäller bladgrönsaker som okänsliga för mycket låga temperaturer (0-4 °C).

I vetenskapliga samband har bedömning av produktens hållbarhet i relation till temperatur baserats på utseende, parametrar, som indikerar bladens fysiologiska tillstånd (t.ex., klorofyllfluorescens, aktivitet av enzymer för nedbrytning av växtmaterial (t.ex. fenylalanin-ammoniak-oxidas, PAL; polyfenoloxidas, PPO; peroxid, POD), vissnegrad i form av vattenhalt resp. -förlust), halten av klorofyll och bioaktiva ämnen, samt bladfärg, missfärgning (brunfärgning) samt produktkaraktäristiska dofter som förknippas med nedbrytning och förruttelse.

Tabell 1 visar sambandet mellan temperatur och intervall tills substantiell kvalitetsnedsättning visar sig. Vid sidan av temperatur påverkas hållbarheten också av sortval, bladets position på växten samt odlingssäsong (Koukounaras et al., 2020).

Vid sidan av kylningens effekt på bladens efterskördeffysiologi påverkar kylningen också bladens mikrobiella samhällsstruktur som styrs åt en större relativ abundans av bakterier förknippade med förskämning (Rosberg et al., 2021). Även om många humanpatogena bakterier tappar i vitalitet vid låga temperaturer, så imponeras inte psykrofila bakterier (dvs. bakterier som kan växa vid låga temperaturer) av sådana betingelser. Exempel på sådana bakterier är *Listeria monocytogenes* och *Yersinia enterocolitica*. I motsats till *Yersinia* som främst förknippas med fekalier, är *L. monocytogenes* vanligt förekommande i den naturliga miljön och i produktionsmiljön (Beuchat, 1996). *L. monocytogenes* är inte särskilt kräsen vad gäller miljöbetingelser och kan vistas i sura och alkalina miljöer (pH 4.3-9.8), under kalla och varma betingelser (0.5-43 °C) och i olika atmosfäriska betingelser. Höga salthalter och en vattenaktivitet lägre än 0,91 sätter stopp för osmotoleransen av *L. monocytogenes*<sup>2</sup>. Denna oönskade gäst dyker upp på bladgrönsaker och i salladsmixar (Beuchat, 1996, Little et al., 2007, Söderqvist, 2017, Söderqvist et al., 2017, Thisted-Lambertz et al., 2012, Pingulkar et al., 2001, Nousiainen et al., 2016). För exempel, *L. monocytogenes* förekom i 4.8% av blandsallader i en engelsk studie (Little et al., 2007). Livsmedel som tillåter uppförökning av *L. monocytogenes* får enligt EU-riktlinjer inte överskrida 100 CFU/g (EU, 2005).

---

<sup>2</sup> En detaljerad sammanställning av miljöbetingelser som begränsar resp. befrämjar *Listeria monocytogenes* finns i ICMSF 1998. *Microorganisms in food: Characteristics of microbial pathogens*, London, Chapman & Hall.

Tabell 1. Samband mellan lagringstemperatur (°C) och tid tills substantiell kvalitetsnedsättning blir märkbar (i dagar) hos valda bladgrönsaker

Bladgrönsak	Temperatur	Nedsatt kvalitet	Kommentar	Referens
Bladsallad	5 (±1)	21 <sup>A</sup>	90-95%RH; 6% viktförlust; 40% förruttnad	(Kasim and Kasim, 2017)
Endiver <sup>1,2</sup>	1.6	>10	Utseende; (brunfärgning >10 d; vissne >10 d; off-odor >10 d)	(Piagentini et al., 2005)
	4.5	>10	Utseende; (brunfärgning >10 d; vissne >10 d; off-odor >10 d)	
	8.9	4	Utseende; (brunfärgning 6 d; vissne >10 d; off-odor 6 d)	
	20.3	2,5	Utseende; (brunfärgning 3,5-4 d; vissne 3,5 d; off-odor 2 d)	
Endiver	4-5	12 <sup>B</sup>	Klorofyllhalt (karoteinoidhalt 8 d)	(Ferrante et al., 2004)
Grönkål	0	>42 <sup>C</sup>	Utseende (uppnått gränsvärde för säljbar vara; dehydrering/förruttnelse efter 28 dagar, missfärgning efter 14 dagar)	(Albornoz and Cantwell, 2015)
	5	28 <sup>D</sup>	Utseende (uppnått gränsvärde för säljbar vara; dehydrering/förruttnelse efter 14 dagar, missfärgning mellan 0-14 dagar)	
Isbergsallad <sup>1,2</sup>	1.7	10	Utseende; (brunfärgning 10 d; vissne >10 d; off-odor >10 d)	(Piagentini et al., 2005)
	4.7	4,5	Utseende; (brunfärgning 6 d; vissne >10 d; off-odor >10 d)	
	8.9	3,5	Utseende; (brunfärgning 4,5 d; vissne 7,5 d; off-odor 7,8 d)	
	20.3	1,5	Utseende; (brunfärgning 1,5 d; vissne 3 d; off-odor 2 d)	
Mache	4	>16	Inga kvalitetsförändringar med hänsyn till brunfärgning, färg, halten bioaktiva ämnen	(Zappia et al., 2018)
Mache	4	8 <sup>E</sup>	Klorofyllhalt (trend till minskad karotenoidhalt efter 8 d)	

Bladgrönsak	Temperatur	Nedsatt kvalitet	Kommentar	Referens
	10	8 <sup>E</sup>	Klorofyllhalt; trend till minskning efter 5 d; (trend till minskad karotenoidhalt efter 5 d, signifikant skillnad efter 8 d)	(Ferrante and Maggiore, 2007)
Mangold	4-5	8 <sup>B</sup>	Klorofyllhalt (karoteinoidhalt 4 d)	(Ferrante et al., 2004)
Mangold	5	12	Klorofyllhalt; trend till minskning efter 6 dagar	(Ferrante et al., 2008)
Romansallad <sup>1,2</sup>	1.6	9	Utseende; (brunfärgning 12 d; vissne >10 d; off-odor >10 d)	(Piagentini et al., 2005)
	4.5	5	Utseende; (brunfärgning 8 d; vissne 12 d; off-odor 10 d)	
	8.9	5	Utseende; (brunfärgning 5 d; vissne 12 d; off-odor 9 d)	
	20.3	1,5	Utseende; (brunfärgning 2,5 d; vissne 2,5 d; off-odor 2,5 d)	
Rucola	4-5	8 <sup>B</sup>	Klorofyllhalt (jämförbara resultat för karotenoidhalten)	(Ferrante et al., 2004)
Rucola	4	1 <sup>F</sup>	Klorofyllhalt (karotenoidhalt 1-3 d; PPO aktivitet nästan dubblerat efter 3 d; C-vitaminhalt 10 d)	(Nicola et al., 2009)
	12	1 <sup>F</sup>	Klorofyllhalt (karotenoidhalt 1 d; PPO aktivitet nästan dubblerat efter 3 d; C-vitaminhalt 10 d)	

<sup>A</sup> inga avläsningar mellan start och 21 dagar; <sup>B</sup> avläsningar efter 4, 8 och 12 dagar; <sup>C</sup> avläsningar efter 0, 14, 21, 28 och 42 dagar; <sup>D</sup> avläsningar efter 0, 14, 21 och 28 dagar

<sup>E</sup> avläsningar efter 0, 5, 8 och 15 dagar; <sup>F</sup> avläsningar efter 0, 1, 3, 5, och 10 dagar

<sup>1</sup>tröskelvärde baserat på prediktionsmodeller för bladgrönsaker (Piagentini et al., 2005); <sup>2</sup>strimlad/skuren

## 2.2. Elektrifierade vägtransporter

Energiförbrukning är beroende av fordonsspecifika (t.ex. axelkonfiguration, däckstorlek), logistiska (t.ex. avstånd, medelhastighet), geografiska (t.ex. topografi) och klimatiska (t.ex. väderlek, yttertemperatur) faktorer (Pettersson, 2021). Redan år 2012 (dvs för 9 år sedan) varnade Williams et al. (2012) att ett energiskifte i transportsektorn är en förutsättning för att minska dess negativa effekt på klimatet och att enbart elektrifiering som också inkluderar transporter möjliggör en drastisk reduktion av växthusgaser. I en livscykelanalys av tunga lastbilar lyfts batteridrivna tynga fordon fram som den minsta klimatbelastande i drift, förutsatt att energin genereras från förnyelsebara energikällor (Sen et al., 2017). Hittills saknas undersökningar som specifikt belyser kyltransporter i tunga batteridrivna lastbilar. Vid transport av kylvara krävs energi både för att driva fordonet och för att sänka och bibehålla en låg temperatur i lastutrymmet. Beroende på typ av kylfordon kan nedkylningsprocessen från omgivningens temperatur till +2 °C mellan 1.8 till 5.6 h (Estrada-Flores and Eddy, 2006). Temperaturdynamiken i lastutrymmet påverkas av utrymmets isolering och av antalet dörröppningar (Estrada-Flores and Eddy, 2006). Förutom miljöbelastning genom fossila bränslen bidrar också kylmedelsläckage till emission av växthusgaser i detta sammanhang (Adekomaya et al., 2016).

Kända utmaningar från vanliga batteridrivna lastbilar gäller också för kyltransporter, nämligen (1) missförhållandet mellan högt energibehov för transport och låg energitäthet i batterier, (2) lastutrymmets minskning till förmån av inhysning av batterier samt (3) laddningsinfrastrukturen. Val av lasttransporttyp pekas ut som en ytterligare begränsande faktor (Liimatainen et al., 2019). Under de senaste åren har det gjorts stora framsteg i att effektivisera batterier samtidigt som batteripriset sjunker. Därmed verkar ett hinder kunna bli överkomligt inom en rimlig framtid. En första generation av tunga batteridrivna lastbilar är faktiskt på väg ut på marknaden.

Övergång från diesel- till batteridrivna fordon är ett paradigmskifte. Att byta energiplattform kräver också en förändrad syn på logistik. Ett sådant ändrat perspektiv på logistik (laddningssätt, laddningsintervall) förväntas också göra tunga batteridrivna fordon rimliga med hänsyn till ekonomin (Nykvist and Olsson, 2021).

## 3. Målkonflikten

Målkonflikten kan beskrivas på följande sätt:

- **Klok resursanvändning (miljömässig hållbarhet):** Ökad kyltemperatur under transporten minskar energiförbrukningen under transporten, minskar transporttiden, gör det möjligt att transportera större volymer åt gången och ger längre tid för att visa upp produkten i butiken;
- **Livsmedelskvalitet och livsmedelssäkerhet (folkhälsa) (social hållbarhet):** Ökad kyltemperatur under transport bidrar till förskämning av bladgrönsaker, nedbrytning av bladen och ökning av förskämningsbakterier och livsmedelspatogener. Följaktligen ökar riskerna för livsmedelssäkerheten;
- **Produktens kvalitet och önskvärdhet (ekonomisk hållbarhet):** Ökad kyltemperatur under transport försämrar produktens kvalitet och hållbarhet vilket leder till ökat matsvinn. Det påverkar produkternas faktiska och upplevda önskvärdhet hos konsumenterna. För att bibehålla en kontinuerlig tillgång till produkt med hög faktisk och upplevd önskvärdhet innebär detta att den transporterade volymen vid det enskilda tillfälle måste minskas vilket i sin tur ökar antalet transporter.

### 3.1. Scenario för denna rapport

Denna rapport belyser effekten av ökad temperatur under distribution av bladgrönsaker från 4 °C till 8 °C. Utgångspunkt i detta är tre transportsträckor i en 44 t ellastbil, nämligen

- regional transport (150 km)
- mellandistanstransport (400 km)
- långdistanstransport (900 km).

Analysen rörande långdistansrapport avser effekten av transport i laddningsstationstätt område (söder om Gävle), med tillgång till företagsegen laddningsinfrastruktur med möjlighet till snabb- resp. fulladdning av batterierna (dvs vi antar inga kötider för laddning). Genomsnittshastighet sätts till 70 km/h. Denna analys begränsas till transport utan mellanstationer och öppnande av kylutrymmet (dvs inga fluktuationer i temperatur, som kräver större energimängder för nedkylning av lastutrymmet, planeras för).

Analysen begränsas till *L. monocytogenes*.

## 3.2. Produktens kvalitet och önskvärdhet

Sambandet mellan temperatur och intervall tills nedsatt kvalitet blir synlig framgår ur Tabell 1. I detta sammanhang behöver det understrykas att växtslag, sort och produktionsbetingelser är avgörande. De redovisade undersökningar bygger på många olika växtslag, ofta utan att sort och odlingsbetingelser är omnämnda, vilket leder till i viss mån heterogena resultat. Ett fåtal undersökningar vidareutvecklar deskriptiva mått till modeller (till exempel Piagentini et al., 2005). Denna undersökning förtydligar nedbrytningsförloppet vid de två temperaturnivåer i föreliggande scenario. Vid låggradig lagring bibehåller skuren ender utseende under avsevärd lång tid (>10 dagar) samtidigt som mått på förskämning hålls låga. Skillnaden är inte lika extrem för isbergssallad, där attraktiviteten minskar efter fem dagar vid lagring i 4 °C jämförd med 3.5 dagar vid lagring i 8 °C. Den acceptabla gränsen för säljbarhet nås också för brunfärgning två dagar senare vid lagring av isbergssallad i låga temperaturer. Av de tre grönsakerna är skillnaden i nedbrytningsförloppet minst för romansallad. Detta innebär dock inte att det är acceptabelt att lagra romansallad vid 8 °C, utan betyder att även en temperatur på 4 °C är för hög för att kunna förvara denna produkt under en längre tid.

Vidareförädling (*processning*) av bladgrönsaker genom tvätt-, torknings- och förpackningsprocessen sker så skonsamt som möjligt för bladen. Man bör dock hålla i åtanke att bladmaterial som äntrar processning alltid redan är mer eller mindre skadade. Dessa skador kan, men behöver inte tvunget, vara synliga med blotta ögat (Mulaosmanovic et al., 2020). Det kan röra sig om skador som åsamkats under odlingen (*primärproduktion*) genom inverkan av väder och vind samt odlingsåtgärder, djur eller skadeangrepp eller under processning och distribution. Men det kan också röra sig om avsiktliga bladskador genom sönderdelning under processning. Vi vet att processning leder till ökade bladskador (Mulaosmanovic et al., 2021). Oavsett orsak snabbar bladskador på nedbrytningsprocessen. Utöver detta kan ett enskilt skadat blad äventyra hållbarheten av hel påse med bladgrönsaker (Ariffin et al., 2017). Det har också visats att kvalitetsnedsättningarna framskrider snabbare i påsar med större volym (100 g) jämfört med påsar med lägre innehåll (50 g) (Nicola et al., 2009).

Förvaring i modifierad atmosfär är en väletablerad princip för köttprodukter. Denna teknik har också börjat tillämpas i samband med bladsallader. Även om denna åtgärd medför förlängd produkthållbarhet, kompenserar den inte för kvalitetsförluster genom högre temperaturer.



Få av de redovisade studierna tar in ett konsumentperspektiv (undandtag: Piagentini et al., 2005, Cefola et al., 2015). Med tanke på bladgrönsakers ömtålighet och den relativt långa tiden från att grönsaken processats till att den når butikshyllan spelar temperaturen under lagring och transport en avgörande roll.

### 3.3. Livsmedelskvalitet och livsmedelssäkerhet

Relevant i samband med livsmedelskvalitet och säkerhet är temperaturen i produkten vilken inte tvunget är den samma som set-temperaturen i lagrings- eller transportutrymmet. God luftcirkulation kring staplade paletter är viktigt för en jämn temperaturfördelning (Brown et al., 2016).

Tabell 2. Tillväxtparametrar (lagfas, dubbleringstid) av *Listeria monocytogenes* på valda bladgrönsaker vid låg (3-5 °C) och förhöjd kyltemperatur (6-12 °C). Temperaturuppgifter i gult markerade fält gäller förhöjd kyltemperatur.

	Temperatur	Lagfasens längd (h)	Dubblings-tid (h)	Bladgrönsak	Referens
LÅG	3	96	51,61	Endiver	Carlin et al., 1995)
	3	100	225,77	Spenat	(Omac et al., 2018)
	4	140	23,41	Isbergsallat	(Ding et al., 2010)
	5	ua <sup>A</sup>	56,84	Huvudsallat	(Steinbruegge et al., 1988)
	4	ua	72,25 <sup>B</sup>	Stjälkselleri <sup>2</sup>	(Kaminski et al., 2014)
	5	50	17,56	Isbergsallat	(Koseki and Isobe, 2005)
	5	48	36,12	Sallat	(Oliveira et al., 2010)
	5	24	33,51	Spenat	(Omac et al., 2018)
FÖRHÖJD	6	<48	30,42	Endiver	(Carlin et al., 1995)
	7	ua	45,98 <sup>B</sup>	Stjälkselleri <sup>2</sup>	(Kaminski et al., 2014)
	8	ua	68,28	Baby leaf spenat	(Söderqvist et al., 2017)
	8	- <sup>C</sup>	19,42	Spenat	(Omac et al., 2018)
	10	-	12,57	Endiver	(Carlin et al., 1995)
	10	72	6,42	Isbergsallat	(Ding et al., 2010)
	10	48	11,71	Isbergsallat	(Koseki and Isobe, 2005)
	10	ua	24,08 <sup>B</sup>	Stjälkselleri <sup>2</sup>	(Kaminski et al., 2014)
	12	ua	18,43	Huvudsallat	(Steinbruegge et al., 1988)

<sup>1</sup>strimlad/skuren; <sup>2</sup>tärnad

<sup>A</sup>ua=utan uppgift; <sup>B</sup>förutsatt att exponentiell fas startade direkt efter försöksstart och slutade efter 168 h; <sup>C</sup>--ingen nämnvärd lag-fas

Tillväxt av *L. monocytogenes* på olika bladgrönsaker visas Tabell 2. Det bör hållas i åtanke vid analys av data presenterat i litteraturen att inte alla studier

redovisar att målorganismen konditionerats till den temperaturnivån den utsätts för i experimentet. Detta påverkar experimentets utfall.

Mycket lång dubblingstid och mycket marginell tillväxt av *L. monocytogenes* kunde skönjas vid låg temperatur (<5 °C) oavsett växtslag. Inte bara maximiantalet kolonier påverkas av temperatur utan också lagfasens längd förändras; den sjunker med ökande temperatur. Växtslaget inverkar på målorganismens tillväxtpotential. Enligt Sant'Ana et al. (2012) var tillväxtpotentialen av *L. monocytogenes* störst på rucola jämfört med andra bladgrönsaker lagrade vid 7 °C (rucola>spenat>huvudsallat>eskarolesallat), medan enterohämoragisk *E. coli* förökades effektivare på spenat än rucola (Söderqvist et al., 2017).

### 3.4. Klok resursanvändning

Förutsättningarna för de tre scenarion definieras i Tabell 3 och baseras på muntlig information av lastbillstillverkaren Scania (Pettersson, 2021). Antaganden för de föreliggande scenarion är mycket generaliserade och tar inte hänsyn till eventuella avbrott och öppningar av lastutrymmet. Det beaktar heller inte eventuella topografiska eller vädermässiga utmaningar. De avser enbart körning från lager till målort. Beräkningen för de tre scenarion (200, 400 resp. 900 km) presenteras i Tabell 5. Information om rutternas längd har inhämtats från olika grossistföretag som hanterar bladgrönsaker. I motsats till fordon som drivs fram genom klassiska förbränningsmotorer spelar temperaturnivån för kylning i samband med batteridrivna fordon en mindre roll, förutsatt att lastutrymmet nått 4 °C resp. 8 °C under laddningsfasen och låg temperatur ska underhållas under transporten. Däremot är laddningskapacitet en avgörande (Tabell 5).

Tabell 3 Förutsättningar för beräkning av tids- och energiåtgång för batteridrivna tung lastbil (44t)

Parameter		
Genomsnittshastighet	km/h	70
Energiförbrukning för kylning	kW	9
Energiförbrukning för framdrift	kW/km	1.3
Batterikapacitet	kWh	400
Laddningstid vid laddningseffekt 350kW	min	50
Laddningstid vid laddningseffekt 150kW	h	2
Användbar kapacitet (80%)	kWh	320
Vilotid efter	h	9
Vilotidens längd	h	11

Tabell 4 Generaliserad scenario för totalt energibehov och tidsåtgång för kyltransport med batteridrivna tung lastbil (44 t). Beräkningen rör tre distanser (200, 400 och 900 km. Tabellen tar inte hänsyn till topografiska eller klimatiska variationer. Parametrar presenteras i Tabell 3.

Scenario		1	2	3
Sträcka	Km	200	400	900
Körtid rundat	H	3	6	13
Totalenergiebehov för kylning	kW	27	54	117
Energiebehov för kylning per km	kW/km	0.135	0.135	0.13
Totalenergiebehov per km	kW/km	1.435	1.435	1.43
Energiebehov för hela sträckan	kW	290	580	1300
Antal laddningar		0	2	5

Med ökande körtid stiger tidsåtgången för transporten brantare än energibehovet. Den starkt generaliserade bilden visar att laddningsinfrastrukturen är av yttersta betydelse och att tillgång till snabbladdningsstationer med högladdningskapacitet är av stor vikt i synnerhet för mycket långa körsträckor. I en miljö med tillgång till snabbladdningsstationer kan raster kombineras med snabbladdning (45 min rast vs. 50 min snabbladdning). Om tillgång till laddningskapacitet begränsas till 150 kW innebär detta på den längsta distansen att körtiden inkl. laddning går upp till 46 h och förlängs med 17 h jämfört med 350 kW laddningskapacitet. Utifrån den lagstadgade dygnskörtiden (Europeiska Unionen (EU), 2006) måste denna sträcka läggas in två vilotider à 11 h vilket förlänger transporten med 22 h, förutsatt att fordonet framförs av enbart en chaufför. Detta medför ett ytterligare kylbehov av 198 kW ifall att viloperioden inte samtidigt nyttjas för laddning. För mellandistansen förlängs resan med 2 h, från 8 till drygt 10 h. Detta innebär att den lagstadgade maximala körtiden överskrids. I motsats till långväga transporter är laddningsinfrastrukturen inte av lika stor vikt för den kortaste sträckan i scenariot ovan, om valet ligger mellan 150 resp. 350 kW. Vilotid kan dock behöva läggas in om långsammare laddare än så tas i anspråk.

Tabell 5 Totalenergibehov och tidsåtgång för kyltransport med batteridrivna tung lastbil (44 t) i en miljö med tillgång till olika laddningskapacitet (150 resp. 350 kW). Beräkningen rör tre distanser (200, 400 och 900 km) Parametrar och beräkningen presenteras i Tabell 3 resp. Tabell 4

Laddningskapacitet	kW	150			350		
		1	2	3	1	2	3
Scenario							
Tidsåtgång för laddningarna	h	0	4,3	10,7	0	1,8	4,6
Tillägg för kylbehov under laddningen	kW	0	38,4	96	0	3,7	22,9
Körtid	h	3	10,3	23,7	3	7,8	17,6
Totalt energibehov	kW	290	620	1400	290	585	1325
Total tidsåtgång för körning, viloperiod och laddning	h	3	22	46	3	8	29

## 4. Syntes

Scenarion som ligger till grund för denna rapport visar att laddningsinfrastrukturen är den huvudsakliga styrande faktorn. Den kompenserar dock inte för en högre temperatur under transporten. Den nästväsentliga faktorn är temperatur. Paradigmskiftet genom val av ny energiplattform innebär dock att den extraenergiåtgången för att hålla temperaturen på 4 °C jämfört med 8 °C är marginell. För transport av exempelvis endiver leder en lagringstemperatur på 3 °C i fyra eller sju dagar till obetydlig resp. låg tillväxt av *L. monocytogenes*. Ökas lagringstemperaturen till 6 °C resp. 10 °C förökas *L. monocytogenes* 10- resp. 100 faldigt under en 7-dagars-period (Carlin et al., 1995). Det finns en uppenbarlig risk för ett *Listeria*-utbrott förutsatt att förekomsten av *Listeria* redan är förhöjd i den färdigt processade produkten. Likaså skulle en temperaturnivå på 8 °C i ett långväga scenario med en transporttid på nästan två dagar i fall av endiver (Piagentini et al., 2005) leder till avsevärd kvalitetsminskning och kortare displaytid i butiken (Tabell 2).

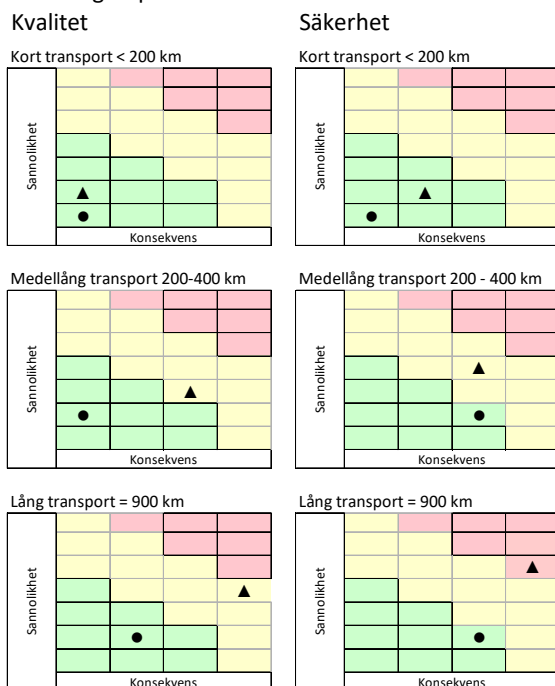
Bladgrönsaker är mycket känsliga och har begränsad produkthållbarhet. Tidsintervall från processning till bäst-före-datum varierar under årstiden. I de redovisade studierna klarade enbart grönkål och mache 15 dagars förvaring i 4 °C utan att nämnvärd kvalitetsnedsättning. För andra produkter var denna intervall kortare och i vissa fall avsevärt kortare (skuren isberg- och romansallat).

Utöver detta gömmer sig i temperaturskillnaden mellan 4 °C och 8 °C vattendelaren vad gäller bladgrönsakers hållbarhet och kvalitet (Tabell 1). Den gäller för de flesta produktslagen. Nedbrytningsprocessen bromsas ner effektivt vid en låg lagringstemperatur och produkten kan saluföras under en längre tid, vilket är en nödvändighet givet att långa distributionstider (1.5-3 dagar) kortar ner den maximala displaytiden i butikshyllan.

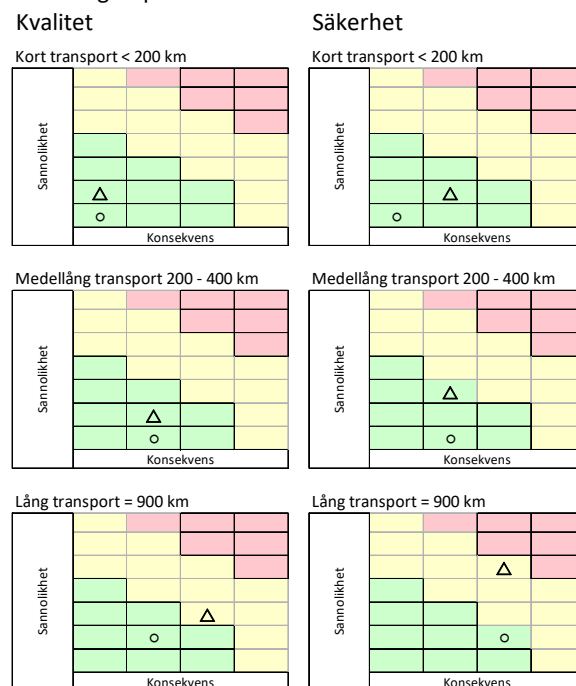
Riskerna för förskämning och kvalitetsminskning ökar påtagligt vid lägre laddningskapacitet (Tabell 6). Både ur ett miljö- (minskat matsvinn) och ett folkhälsoperspektiv (frånvaro av utbrott relaterad till *L. monocytogenes*) är temperaturer under transport som överskrider 4 °C olämpliga och att transporten sker skyndsamt. Vi konkluderar att utbyggnaden av en infrastruktur med snabbbladdningsstationer är av yttersta vikt.

Tabell 6 Riskvärdering av kvalitetsminskning och förskämning vid transport av endiver vid 4°C (●, ○) resp. 8 °C (▲, △) i miljöer med olika laddningskapacitet (150 kW, fyllda symboler; 350 kW, öppna symboler).

Laddningskapacitet: 150 kW



Laddningskapacitet: 350 kW



## 5. Metod och arbetssätt

Denna rapport bygger på litteratur som extraherades från systematiska litteratursökningar i databasen "Web of Science". Referenserna identifierades i tre oberoende sökningar och urvalet följde processen för systematiska litteratursökningar enligt PRISMA (Moher et al., 2009) (

Tabell 7). Bladgrönsaker, temperatur, livsmedelssäkerhet, hållbarhet och produktkvalitet användes som nyckelkoncept. Den psykrofila organismen *Listeria monocytogenes* användes som målorganism, därför att den förekommer på bladgrönsaker, kan föröka sig vid låga temperaturer (0-1 °C) och i och med att den har upprepat identifierats som källa bakom utbrott av magsjukor relaterade till konsumtion av frukt och grönt. Följande generella kriterier användes för inklusion resp. exklusion av referenser:

- Inklusion:  
Originalartiklar i vetenskapliga tidskrifter där artikeln genomgått "peer-review" process och som
  - 1) Omfattar minst en söktermskombination
  - 2) Adresserar nyckelkoncept resp.
  - 3) målorganismenArtiklar skrivna på engelska, tyska, franska eller skandinaviska beaktades.
- Exklusion:  
Publikationer exkluderas om de inte
  - 1) adresserar nyckelkoncepten
  - 2) är originalartiklar (t.ex. översiktsartiklar)
  - 3) innehåller tillräckligt evidens.

För högrelevanta äldre referenser spårades också litteratur framåt i tiden. Dessa artiklar inkluderades enbart om de mötte de ovannämnda kriterierna för inklusion och exklusion.

Arbetsgruppen bakom föreliggande rapport är tvärvetenskaplig med expertis inom hortikultur, livsmedelssäkerhet, riskanalys, hållbarhet (sustainability) och transport. Vid sidan av enskilt arbete genomfördes fyra arbetsmöten. På grund av rådande pandemi genomfördes dessa främst digitalt. Utöver litteraturarbete samlade arbetsgruppen information rörande transporter från aktörer inom distribution av frukt och grönt och från fordonstillverkare genom intervju och från relevanta internetsidor.



Tabell 7 Sökord och sökordkombinationer samt output vid sökning i litteratordatabasen Web of Science

Sökordskombinationer	Total output	Borttagna dubletter	Antal relevanta referenser	Antal inkluderade referenser
"Temperature" AND "leafy vegetable*" AND ("Food safety" OR " <i>Listeria monocytogenes</i> ")	140		32	
"Temperature" AND "leafy vegetable*" AND ("shelf-life" OR "shelf life")	135	2	24	
"Temperature" AND "leafy vegetable*" AND ("product quality" OR "produce quality")	19		4	
"Temperature" AND "leafy vegetable*" AND "spoilage"	31		15	

## TACK

Vi tackar SLU (genom plattformen SLU Future Food) och Sydgrönt Ek.för. för medfinansiering av föreliggande rapport inom ramen för projekten "Electrified road transport of leafy vegetables" respektive "Säker bladgrönt och fruktcocktail – säker distribution".

## 6. Referenser

- ADEKOMAYA, O., JAMIRU, T., SADIKU, R. & HUAN, Z. 2016. Sustaining the shelf life of fresh food in cold chain – A burden on the environment. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 1359-1365. doi: 10.1016/j.aej.2016.03.024.
- ALBORNOZ, K. & CANTWELL, M. I. 2015. Fresh-cut kale quality and shelf-life in relation to leaf maturity and storage temperature. *Acta Horticulturae*, 1141, 109-115. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1141.11.
- ARIFFIN, S. H., GKATZIONIS, K. & BAKALIS, S. 2017. Leaf injury and its effect towards shelf-life and quality of ready-to-eat (RTE) spinach. *Energy Procedia*, 123, 105-112. doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.265.
- ARTÉS, F. & ALLENDE, A. 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally processed leafy vegetables. *European Journal of Horticultural Sciences*, 70, 231-245.
- BEUCHAT, L. R. 1996. *Listeria monocytogenes*: Incidence on vegetables. *Food Control*, 7, 223-228. doi: 10.1016/s0956-7135(96)00039-4.
- BROWN, W., RYSER, E., GORMAN, L., STEINMAUS, S. & VORST, K. 2016. Transit temperatures experienced by fresh-cut leafy greens during cross-country shipment. *Food Control*, 61, 146-155. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.09.014.
- CARLIN, F., NGUYEN-THE, C. & ABREU DA SILVA, A. 1995. Factors affecting growth of *Listeria monocytogenes* on minimally processed fresh endive. *Journal of Applied Bacteriology*, 78, 636-646. doi: 10.1111/j.1365-2672.1995.tb03110.x|.
- CEFOLA, M., PACE, B., CAPOTORTO, I., DI BIASE, M., AMODIO, M. L., COLELLI, G., LAVERMICOCCA, P. & VALERIO, F. 2015. Physico-chemical parameters to predict microbiological and sensory quality aspects of baby lettuce leaves. *Acta Horticulturae*, 1154, 249-255. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1154.33.
- CHEN, L., PAN, Y., LI, H., LIU, Z., JIA, X., LI, W., JIA, H. & LI, X. 2020. Constant temperature during postharvest storage delays fruit ripening and enhances the antioxidant capacity of mature green tomato. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14831. doi: 10.1111/jfpp.14831.
- DING, T., JIN, Y.-G. & OH, D.-H. 2010. Predictive model for growth of *Listeria monocytogenes* in untreated and treated lettuce with alkaline electrolyzed water. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 863-869.
- ESTRADA-FLORES, S. & EDDY, A. 2006. Thermal performance indicators for refrigerated road vehicles. *International Journal of Refrigeration*, 29, 889-898.
- EU 2005. Commission regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L338, 1-26.
- EUROPEISKA UNIONEN (EU) 2006. EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 561/2006 av den 15 mars 2006 om harmonisering av viss sociallagstiftning på vägtransportområdet och om ändring av rådets förordningar (EEG) nr 3821/85 och (EG) nr 2135/98 samt om upphävande av rådets förordning (EEG) nr 3820/85. In: PARLIAMENT, E. C. E. A. E. (ed.) 561/2006. Strasbourg.
- FERRANTE, A., INCROCCI, L., MAGGINI, R., SERRA, G. & TOGNONI, R. 2004. Colour changes of fresh-cut leafy vegetables during storage. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 2, 40-44.

- FERRANTE, A., INCROCCI, L. & SERRA, G. 2008. Quality changes during storage of fresh-cut or intact Swiss chard leafy vegetables. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 6, 60-62.
- FERRANTE, A. & MAGGIORE, T. 2007. Chlorophyll a fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of Valeriana leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 73-80. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.02.003.
- ICMSF 1998. *Microorganisms in food: Characteristics of microbial pathogens*, London, Chapman & Hall.
- KAMINSKI, C. N., DAVIDSON, G. R. & RYSER, E. T. 2014. Listeria monocytogenes transfer during mechanical dicing of celery and growth during subsequent storage. *Journal of Food Protection*, 77, 765-771. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-13-382.
- KASIM, M. U. & KASIM, R. 2017. While continuous white LED lighting increases chlorophyll content (SPAD), green LED light reduces the infection rate of lettuce during storage and shelf-life conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41. doi: 10.1111/jfpp.13266.
- KOSEKI, S. & ISOBE, S. 2005. Growth of Listeria monocytogenes on iceberg lettuce and solid media. *International Journal of Food Microbiology*, 101, 217-225. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.008.
- KOUKOUNARAS, A., BANTIS, F., KARATOLOS, N., MELISSAS, C. & VEZYROGLOU, A. 2020. Influence of pre-harvest factors on postharvest quality of fresh-cut and baby leafy vegetables. *Agronomy-Basel*, 10. doi: 10.3390/agronomy10020172.
- LIIMATAINEN, H., VAN VLIET, O. & APLYN, D. 2019. The potential of electric trucks – An international commodity-level analysis. *Applied Energy*, 236, 804-814. doi: 10.1016/j.apenergy.2018.12.017.
- LITTLE, C. L., TAYLOR, F. C., SAGOO, S. K., GILLESPIE, I. A., GRANT, K. & MCLAUCHLIN, J. 2007. Prevalence and level of Listeria monocytogenes and other Listeria species in retail pre-packaged mixed vegetable salads in the UK. *Food microbiology*, 24, 711-717. doi: 10.1016/j.fm.2007.03.009.
- MOGREN, L., WINDSTAM, S., BOQVIST, S., VÅGSHOLM, I., SÖDERQVIST, K., ROSBERG, A. K., LINDÉN, J., MULAOSMANOVIC, E., KARLSSON, M. E., UHLIG, E., HÅKANSSON, Å. & ALSANIUS, B. W. 2018. The hurdle approach—A holistic concept for controlling food safety risks associated with pathogenic bacterial contamination of leafy green vegetables. A review. *Frontiers Microbiology*, 9, 1965. doi: 10.3389/fmicb.2018.01965
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., ALTMAN, D. G. & THE PRISMA GROUP 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*, 6, e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed1000097.
- MULAOSMANOVIC, E., LINDBLOM, T., BENGTTSSON, M., WINDSTAM, S., MOGREN, L., MARTTILA, S., STÜTZEL, H. & ALSANIUS, B. W. 2020. High-throughput method for detection and quantification of lesions on leaf scale based on trypan blue staining and digital image analysis *Plant Methods*, 16, 62. doi: 10.1186/s13007-020-00605-5.
- MULAOSMANOVIC, E., LINDBLOM, T., WINDSTAM, S., BENGTTSSON, M., ROSBERG, A. K., MOGREN, L. & ALSANIUS, B. W. 2021. Processing of leafy vegetables matter: Damage and microbial community structure from field to bag. *Food Control*, 125, 107894. doi: 10.1016/j.foodcont.2021.107894.
- NICOLA, S., FONTANA, E., TIBALDI, G. & ZHAN, L. 2009. Qualitative and physiological response of minimally processed rocket (*Eruca sativa* Mill.) to package filling amount and shelf-life temperature. *Acta Horticulturae*, 877, 611-618. doi: 10.17660/ActaHortic.2010.877.80.
- NOUSIAINEN, L. L., JOUTSEN, S., LUNDEN, J., HANNINEN, M. L. & FREDRIKSSON-AHOMAA, M. 2016. Bacterial quality and safety of packaged fresh leafy vegetables at the retail level in Finland. *International Journal of Food Microbiology*, 232, 73-79. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.020.
- NYKVIST, B. & OLSSON, O. 2021. The feasibility of heavy battery electric trucks. *Joule*, 5, 1-13. doi: 10.1016/j.joule.2021.03.007.
- OLIVEIRA, M., USALL, J., SOLSONA, C., ALEGRE, I., VIÑAS, I. & ABADIAS, M. 2010. Effects of packaging type and storage temperature on the growth of foodborne pathogens on

- shredded "Romaine" lettuce. *Food microbiology*, 27, 375-380. doi: 10.1016/j.fm.2009.11.014.
- OMAC, B., MOREIRA, R. G. & CASTELL-PEREZ, E. 2018. Quantifying growth of cold-adapted *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* on fresh spinach leaves at refrigeration temperatures. *Journal of Food Engineering*, 224, 17-26. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.12.022.
- PETERSSON, H. Nov 11, 2021. *RE: Energiförbrukning av tunga batteridrivna lastbilar*. Type to ALSANIUS, B. W.
- PIAGENTINI, A. M., MENDEZ, J. C., GUEMES, D. R. & PIROVANI, M. E. 2005. Modeling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh-cut leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 202-212. doi: 10.1016/j.postharvbio.2005.07.001.
- PINGULKAR, K., KAMAT, A. & BONGIRWAR, D. 2001. Microbiological quality of fresh leafy vegetables, salad components and ready-to-eat salads: an evidence of inhibition of *Listeria monocytogenes* in tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52, 15-23.
- ROSBERG, A. K., DARLISON, J., MOGREN, L. & ALSANIUS, B. W. 2021. Commercial wash of leafy vegetables do not significantly decrease bacterial load but leads to shifts in bacterial species composition. *Food microbiology*, 94, 103667. doi: 10.1016/j.fm.2020.103667.
- SANT'ANA, A. S., BARBOSA, M. S., DESTRO, M. T., LANDGRAF, M. & FRANCO, B. D. G. M. 2012. Growth potential of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in nine types of ready-to-eat vegetables stored at variable temperature conditions during shelf-life. *International Journal of Food Microbiology*, 157, 52-58.
- SEN, B., ERCAN, T. & TATERI, O. 2017. Does a battery-electric truck make a difference? Life cycle emissions, costs, and externality analysis of alternative fuel-powered Class 8 heavy-duty trucks in the United States. *Journal of Cleaner Production*, 141, 110-121. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.09.046.
- SÖDERQVIST, K. 2017. Is your lunch salad safe to eat? Occurrence of bacterial pathogens and potential for pathogen growth in pre-packed ready-to-eat mixed-ingredient salads. *Infection Ecology & Epidemiology*, 7, 1407216-Article No.: 1407216. doi: 10.1080/20008686.2017.1407216.
- SÖDERQVIST, K., THISTED-LAMBERTZ, S., VAGSHOLM, I., FERNSTRÖM, L.-L., ALSANIUS, B. W., MOGREN, L. & BOQVIST, S. 2017. Fate of *Listeria monocytogenes*, pathogenic *Yersinia enterocolitica*, and *Escherichia coli* O157:H7 gfp(+) in ready-to-eat salad during cold storage: What is the risk to consumers? *Journal of Food Protection*, 80, 204-212. doi: 10.4315/0362-028x.Jfp-16-308.
- STEINBRUEGGE, E. G., BURT MAXCY, R. & LIEWEN, M. B. 1988. Fate of *Listeria monocytogenes* on ready to serve lettuce. *Journal of Food Protection*, 51, 596-599. doi: 10.4315/0362-028X-51.8.596.
- THISTED-LAMBERTZ, S., NILSSON, C., BRÅDENMARK, A., SYLVÉN, S., JOHANSSON, A., JANSSON, L.-M. & LINDBLAD, M. 2012. Prevalence and level of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods in Sweden 2010. *International Journal of Food Microbiology*, 160, 24/31.
- WILLIAMS, J. H., DEBENEDICTIS, A., GHANADAN, R., MAHONE, A., MOORE, J., MORROW III, W. R., PRICE, S. & TORN, M. J. 2012. The technology path to deep greenhouse gas emissions cuts by 2050: The pivotal role of electricity. *Science*, 335, 53-59.
- ZAPPIA, A., DE BRUNO, A., TORINO, R., PISCOPO, A. & POIANA, M. 2018. Influence of light exposure during cold storage of minimally processed vegetables (*Valeriana* sp.). *Journal of Food Quality*. doi: 10.1155/2018/4694793.

